



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ AUTOBUSOVÉHO NÁDRAŽÍ  
V LETOHRADĚ

ROOF STRUCTURE OF BUS STATION IN LETOHRAD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Suchomel

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Tomáš Suchomel
<b>Název</b>	Zastřešení autobusového nádraží v Letohradě
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	5. 6. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Požadavky na architektonické a dispoziční řešení

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhnete nosnou ocelovou konstrukci zastřešení nástupiště autobusového nádraží o půdorysných rozměrech cca 6,4 × 65 m. Dispozici navrhnete v souladu s architektonickými požadavky; klimatická zatížení uvažujte pro město Letohrad.

Požadované výstupy:

Technická zpráva

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je návrh a posouzení ocelového přístřešku autobusového nástupiště nádraží v Letohradě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 6,4 x 66 m. Výška se pohybuje okolo 4,5 m. Konstrukce zastřešuje ostrovní nástupiště. Hlavní nosnou konstrukci tvoří příčná vazba tvarem písmene Y. Střešní krytinu podepírá vaznicová soustava. Prostorová tuhost je řešena podélnými a příčnými ztužidly. Práce zahrnuje podrobný statický výpočet, technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Přístřešek, ocelová konstrukce, sloup, vaznice, styčník

## ABSTRACT

This bachelor's thesis scrutinizes a proposal and considerations of steel bus shelter located at the Letohrad's main bus station. The dimensions of the plan drawing are 6,4 m by 66 m while the height is approximately 4,5 m. The structure is to roof an island platform. The load-carrying structure consists of a main frame of a Y shape. Roofing is supported by purlin roof. Structure's spatial rigidity is addressed by implementing longitudinal and sway bracing. Detailed structural design is included in the thesis as well as engineering report and design drawings.

## KEYWORDS

Shelter, steel structure, column, purlin, joint

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tomáš Suchomel *Zastřešení autobusového nádraží v Letohradě*. Brno, 2020. 16 s., 47 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zastřešení autobusového nádraží v Letohradě* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 5. 6. 2020

---

Tomáš Suchomel  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zastřešení autobusového nádraží v Letohradě* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 6. 2020

---

Tomáš Suchomel  
autor práce

**Poděkování:**

Tímto bych rád poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanu Pilgrovi Ph.D. za odborné vedení a vstřícnost při psaní této práce.

Dík patří i mé rodině a blízkým, kteří mě podporovali po dobu studia.

Tomáš Suchomel

## Seznam použité literatury

1. ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
2. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
3. ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
4. ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
5. ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
6. ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
7. ČSN EN 1993-1-10 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
8. ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí
9. PILGR, Milan. 2019. Kovové konstrukce: Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Akademické nakladatelství CERN. Brno. 2019. 702 s. ISBN 978-80-7623-018.
10. MELCHER, Jindřich a STRAKA, Bohumil. 1985. Kovové konstrukce – Konstrukce průmyslových budov. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha. 218 s.
11. KARMAZÍNOVÁ, Marcela. 2005. Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02 – M02 – Spoje kovových konstrukcí
12. MELCHER, Jindřich., KARMAZÍNOVÁ, Marcela., BAJER, Miroslav., SÝKORA, Karel. Prvky kovových konstrukcí – Modul BO02 – M02 – Pruty namáhané kroucením

## Seznam použitých webových odkazů

1. <https://www.fce.vutbr.cz/kdk/balazs.i/>
2. <https://www.fce.vutbr.cz/KDK/horacek.m1>
3. <http://www.lindab.com/cz>
4. <https://www.valentazt.cz>
5. <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/>
6. <http://www.staticstools.eu/cs>



# **Obsah práce**

## **A – Průvodní zpráva**

Titulní list

Zadání VŠKP

Abstrakt

Bibliografické citace

Prohlášení o původnosti VŠKP

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Poděkování

Seznam použité Literatury

Popisný soubor závěrečné práce

## **B – Technická zpráva**

## **C – Statický výpočet**

## **D – Výkresová dokumentace**

Dispoziční výkres

Detaily A, B, C, D



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## ZASTŘEŠENÍ AUTOBUSOVÉHO NÁDRAŽÍ V LETOHRADĚ

ROOF STRUCTURE OF BUS STATION IN LETOHRAD

## B. TECHNICKÁ ZPRÁVA

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Suchomel

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2020

## Obsah

1	Úvod.....	3
2	Normativní dokumenty.....	3
3	Konstrukční řešení.....	3
4	Zatížení .....	4
5	Výpočet a statické řešení.....	4
6	Průřezy .....	5
7	Materiál .....	6
8	Výroba a montáž konstrukce .....	6
9	Celková hmotnost.....	7
10	Závěr .....	7

# 1 Úvod

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení ocelového přístřešku autobusového nástupiště nádraží v Letohradě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 6,4 x 66 m. Výška dosahuje 4,5 m od upraveného terénu, ten se nachází ve výšce 0,150 m nad původním terén ze kterého se počítá teoretické vetknutí konstrukce. Přístřešek zastřešuje ostrovní nástupiště pro maximálně kapacitu 7 autobusů. Toto řešení zajistí jednodušší přístup cestujících k jednotlivým odjezdním místům. Řešení je vpasováno mezi stávající komunikaci III. třídy a železniční nádraží. Pohyb autobusů jsem zvolil jednosměrný a rozměry nástupiště prověřil na vlečné křivky. Hlavní nosnou konstrukci tvoří příčná vazba tvarem písmene Y. Střešní plášť je podepřen vaznicovou soustavou. Dispozice souhlasí s požadavky na architekturu.

## 2 Normativní dokumenty

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
ČSN EN 1993-1-10	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
ČSN 01 3483	Výkresy kovových konstrukcí

## 3 Konstrukční řešení

Hlavní nosná konstrukce se skládá z příčné vazby a vaznicové soustavy. Příčné vazby jsou od sebe vzdáleny 6 m. Příčnou vazbu dělím na svislou část – sloup a šikmou – konzolu. Konzola kopíruje sklon střechy o hodnotě 8°. Počet těchto příčných vazeb je 12 celkem 66 m konstrukce. Vaznice jsou prostě uloženy na konzolu ve vzdálenosti půdorysně cca 1,5 m. Ve výpočtu je počítáno s touto hodnotou, reálné řešení je odlišné ve vzdálenosti vnitřní

vaznice od středu modulové osy B. Důvodem je konstrukční řešení napojení konzoly na sloup. Změna nezvětšila plochu zatížení jen se změnil poměr zatížení vnitřní vaznice s mezilehlou vaznicí. Na namáhání konstrukce tato změna nemá vliv. Prostorová tuhost konstrukce je řešena systémem táhel mezi vazbami č. 6 a č. 7. Podélná ztužidla jsou uspořádána mezi sloupy tak, aby byl umožněn průchod mezi těmito vazbami. Střešní ztužidla zamezují rotování příčných vazeb okolo svislé osy.

## 4 Zatížení

Vlastní tíha	Střešní plášť	- $g_k = 0,1 \text{ kN/m}^2$
	Vaznice	- $g_k = 0,158 \text{ kN/m}$
	Příčná vazba	- automatický výpočet programem Dlubal RFEM
Zatížení sněhem	Pro lokaci Letohrad ul. Tyršova odpovídá charakteristická hodnota $s_k = 1,42 \text{ kPa} = 1,42 \text{ kN/ m}^2$	
Zatížení větrem	Větrná oblast II, kategorie terénu II	
	Charakteristická hodnota maximálního dynamického tlaku	
	$q_{p(z)} = 729 \text{ N/m}^2$	
Užitné zatížení	Užitné zatížení je bráno v potaz, ale je menší než zatížení sněhem, proto se s ním v kombinacích nepočítá	

## 5 Výpočet a statické řešení

Pro posouzení prvků uvažuji kombinační pravidla mezního stavu únosnosti (přesně rovnici 6.10) a mezní stav použitelnosti (rovnice 6.14b), pro kterou jsou zadány limitní hodnoty podle normy ČSN EN 1993-1-1. Po výpočtu návrhových a charakteristických hodnot jsou vypočítány vnitřní síly na jednotlivých prvcích.

Střešní plášť je brán jako spojitý nosník o dvou polích. Pro posouzení profilu jsou použity statické tabulky od výrobce, kde jsem pouze porovnal mnou vypočtené návrhové a charakteristické hodnoty spojitého zatížení a porovnal s maximální hodnotou zatížení garantovanou výrobcem. Rozhoduje zde mezní stav únosnosti.

Vaznicová soustava je navržena z prostých vaznic. Pro posouzení je uvažována mezilehlá vaznice z důvodu největší zatěžovací šířky. Vaznici posuzuji na prostý šikmý ohyb, smyk, složené kroucení a průhyb. O velikosti profilu vaznice rozhoduje mezní stav použitelnosti. Možnou úsporu by mohla zajisti změna statického řešení vaznice, tj. uložení jako spojitý nosník.

Statickou idealizací podepření konzoly je vetknutí v obou směrech. Zatížení působí jako osamělá břemena v místech vaznic. Pro nejvíce namáhanou příčnou vazbu je uvažována vazba č. 2 z důvodu nejnepříznivějšího zatížení větrem. Pro výpočet vnitřních sil a deformací jsem použil program Dlubal RFEM. Konzola je posouzena na kombinaci osového tlaku s ohybovým momentu a průhybu. Rozhoduje zde mezní stav únosnosti.

Sloup je uložen v příčném směru jako vetknutý prvek v druhém příčném směru je uvažováno s kloubovým uložením na obou koncích (toto uložení umožňuje řešení podélného ztužidla). Zatížení je vnášeno především z vaznic přes konzolu a sloup je přímo namáhán pouze tlakem od větru. Pro výpočet vnitřních sil a deformací jsem použil program Dlubal RFEM. Sloup posuzuji na kombinaci osového tlaku s ohybovým momentem, kombinaci osového tahu s ohybovým momentem a deformaci ve vodorovném směru. O průřezu rozhoduje mezní stav použitelnosti.

Podélná ztužidla i příčná střešní ztužidla jsou navržena jako systém táhel tzn. že se systém skládá ze dvou symetrických „podsystemů“ – každý pro jeden směr podélného větru. Vnitřní síly jsem počítal styčnickovou metodou. O průřezu rozhodlo konstrukční hledisko délky prutu.

## 6 Průřezy

Pro střešní krytinu je navržen trapézový vyztužený plech TR 35/207/0,05 od výrobce Lindab. Výrobek má délku 3,2 m a šířku 1,084 m. Krytina je kotvena do vaznice pomocí samořezných šroubů.

Vaznice jsou navrženy jako IPE 160 o rozpětí 6 m. Ke konzole je připojena kombinací přídatných plechů (L140x90x8-15, P30-170x70 a P14-250x200 – tento plech je navržen pro maximálně zatížený spoj mezilehlé vaznice, pro ostatní spoje vaznic bude plech zmenšen dle lokálních potřeb), šroubu M20x45 a koutových svarů tloušťky 6 a 4 mm.

Konzola má průřez IPE 270. Skládá se ze dvou symetrických částí o délce 3,0 m a střední části délky 0,53 m. Tyto tři části jsou na sebe připevněny pomocí tupých svarů, které plně nahradí pevnost profilu. Tento celek je připojen ke sloupu kombinací šroubového spoje (2x7M16x45) k plechu P12-490x190 který je pomocí koutového svaru tloušťky 4 mm navařen na profil sloupu.

Pro sloup je navržen průřez IPE 450 o délce 3,69 m. Ten je stejným principem navařen na patní plech (P20-700x280). Pro tužší spolupůsobení sloupu a betonové patky je navařen plech (P10-100x100) ve směru příčné vazby. Tento celek je kotven pomocí tyčí s kotevní hlavou a vyříznutým závitem do betonu.

Podélná i příčná ztužidla jsou plné tyče o průměru 16 mm (KR 16). Délky 6,8; 4,72; 2,85 a 2,5 m. Volím systém táhel DETAN.

Pro odvodnění je použit mezi-střešní žlab obdélníkového průřezu 150x100 mm.

## 7 Materiál

ocel S355 J0	konzola, vaznice, přídavné plechy pro spoj vaznice-konzola, trapézový plech
ocel S355 J2	šrouby s kotevní hlavou
ocel S235 J0	sloup, trapézový plech, přídavné plechy ke sloupu
ocel 6.8	šrouby pro spoj konzola-sloup
ocel 5.6	šrouby pro přípoj vaznice ke konzole
ocel 4.6	samořezné šrouby pro upevnění trapézového plechu
beton C16/20	patka
cementová malta	podlití pod patní plech
plech	mezistřešní žlab

## 8 Výroba a montáž konstrukce

Pro konstrukci je stanovena třída provedení EXC2 podle ČSN EN 1990-2.

### Postup montáže:

1. Terénní úpravy a příprava pro betonáž patek.
2. Betonáž všech patek zahrnující uložení kotevních šroubů.
3. Příprava montážních celků na staveništi. Tato fáze zahrnuje svařování přídavných plechů k hlavním nosným částem.
4. Po 28 dnech od betonáže se smontují příčné vazby č. 6. a č.7.
5. Navazuje montáž podélných a střešních ztužidel.
6. Následuje montáž vaznic na již svařené přídavné plechy a přídavné profily.
7. Předchozími kroky vznikla tuhá konstrukce. Následuje montáž sousedních příčných vazeb č. 5. a č. 8.
8. Připojení pomocí vaznic na již funkční konstrukci.
9. Následuje opakování kroku 7. a 8. po vztyčení všech příčných vazeb.
10. Osazení střešního pláště s odvodňovacím systémem.

11. Terénní úpravy jako je zhotovení ostrovního nástupiště a úprava okolních asfaltových ploch.

## 9 Celková hmotnost

- je stanovena odhadem na základě systémových délek prutů, průřezových plocha a objemové hmotnosti oceli

Odhad hmotnosti konstrukce $\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$	profil	počet	hmotnost na jednotku metru	hmotnost kusu	hmotnost celkem
		ks	kg/m ( $\text{m}^2$ )	kg	kg
trapézový plech	TR 35/207/0,55	(422 $\text{m}^2$ )	10,0	-	4 220
vaznice	IPE 160	66	15,8	94,8	6 257
konzola	IPE 270	11	36,1	235,7	2 593
sloup	IPE 450	11	77,6	286,3	3 150
táhla	KR 16	(47,3 m)	5,5	-	260
přídavné plechy + kotvící prvky	odhad 8 % hmotnosti hlavních prvků konstrukce				1 318

$\Sigma$  17 798 kg

**Suma = 17,8 t**

## 10 Závěr

Cílem této práce byl návrh, posouzení a vypracování požadované dokumentace pro zastřešení autobusového nástupiště. Konstrukce je navržena z oceli S235 a S355. Na konstrukci proběhla konstrukční změna oproti původnímu návrhu. Tato změna spočívá v posunutí vnitřní vaznice směrem od sloupu ven. Úprava nemá vliv na posouzení konstrukce. Možnou úsporu materiálu by mohla zajisti změna statického řešení vaznice, tj. uložení jako spojitý nosník.